

フェーズドアレイを用いた非破壊試験による溶接欠陥の探傷精度に関する研究

— その5 RTによる探傷結果の精度 —

正会員 ○廣重隆明*1 正会員 西澤秀樹*2 正会員 古城豊光*3 正会員 中島洋士*4
正会員 佐野 正*5 正会員 嶋 徹*6 正会員 笠原基弘*7 正会員 榎本克美*8

溶接欠陥 自然欠陥 非破壊試験 フェーズドアレイ 断面マクロ試験 X線透過試験

1. はじめに

前報(その3)の実験計画に基づき、本報では試験体内、TP-1,TP-3,TP-7,TP-8,TP-9及びTP-10の6体を対象として、マクロ試験とX線透過試験(RT)による探傷結果について比較及び考察を行った。

2. 実験結果

ここでは、代表的な欠陥がみられた試験体TP-1,TP-3,TP-7におけるマクロ試験及びRTによる探傷結果を表2.1示す。また、それらの画像を図2.1~図2.3に示す。

TP-1,TP-3,TP-7の何れの試験体においても、マクロ試験では初層部及び中間層または表層部の2箇所、計6箇所欠陥が検出されているが、RTでは初層部の溶込不良(IP)はTP-1及びTP-7では検出されていない。なお、ここでRTにおけるデータは、裏当金を1mmまで削除し、フィルム感度は#50、真上からの照射を基本としたが、TP-3においては斜め照射の方が鮮明な欠陥画像が得られたため、斜め照射の方で評価した。

表 2.1 マクロ試験及びRTによる探傷結果

試験体 番号	欠陥検出位置		欠陥種別	評価手法	RTの 照射角度	欠陥(mm)		
	No.	断面位置				深さ	長さ	高さ
TP-1	㊸	初層 壁側	溶込不良(IP)	マクロ	真上	18.9	56.5	0.5
	㊹	表層 壁側	融合不良(LF)	マクロ	真上	5.9~1.4	100.0	5.0
TP-3	㊸	初層 裏当側	溶込不良(IP)	マクロ	斜め35度	18.4	65.5	1.5
	㊹	中間層 開先側	融合不良(LF)	マクロ	斜め35度	7.4~4.4	9.5	3.5
TP-7	㊸	初層 壁側	溶込不良(IP)	マクロ	真上	18.9~18.4	27.0	1.0
	㊹	表層 中央	ブローホール(BH)	マクロ	真上	3.4~0.0	30.5	3.9
				RT	真上		22.0	

2.1 試験体 TP-1

マクロ試験で初層部に検出された溶込不良(IP)は長さLm=56.5mmと比較的長いものの、欠陥高さHm=0.5mmと微小であったため、RTでは検出されていない。

表層部に検出された欠陥は壁側の融合不良(LF)であり、マクロ試験による深さd=5.9~1.4mmであることから、高さHm=5.0mm、長さLm=100mmであった。RTではマクロ試験と同様に長さLx=97mmとなっている。

2.2 試験体 TP-3

マクロ試験で初層部に検出された溶込不良(IP)は高さHm=1.5mmであるためRTでは検出されているが、マクロ試験による長さがLm=65.5mmと比較的長いものの、RTでは長さLx=44mmと過小評価となっている。

中間層に検出された欠陥は開先側の融合不良(LF)であり、マクロ試験による深さd=7.4~4.4mmであることから、高さHm=3.5mm、長さLm=9.5mmであった。RTでも検出されており、

マクロ試験と同様に長さLx=9.0mmであった。

2.3 試験体 TP-7

マクロ試験で初層部に検出された溶込不良(IP)の長さはLm=27mmと中程度であったが、欠陥高さHm=1.0mmと微小であったため、RTでは検出されていない。

表層部に検出された欠陥は表層近傍における溶接中央部の連続ブローホール(BH)であり、マクロ試験による深さd=3.4~1.4mmに加えて表面研磨の目視検査でも確認できることからd=3.4~0mmとし、高さHm=3.9mm、長さはLm=30.5mmとした。RTでは長さLx=22mmであり、マクロ試験に比べて欠陥長さが若干過小評価されている。

3. マクロ試験とX線画像の比較

TP-1,TP-3,TP-7,TP-8,TP-9及びTP-10の6体におけるマクロ試験による欠陥長さLmとRTによる欠陥長さLxを比較したものが図3.1である。RTではX線透過写真をデジタル画像化し、欠陥像を拡大観察し、欠陥長さLxを求めた。

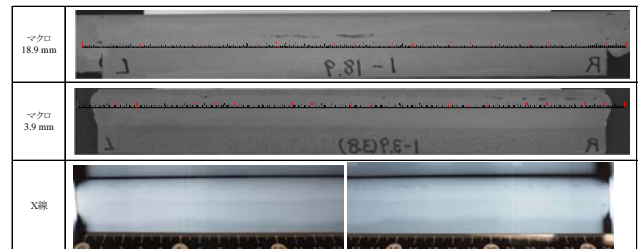


図 2.1 マクロ試験及びRTによる画像 (TP-1)

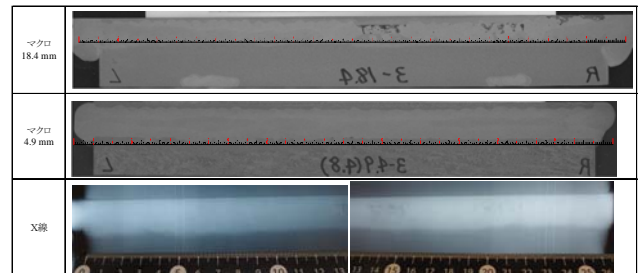


図 2.2 マクロ試験及びRTによる画像 (TP-3)

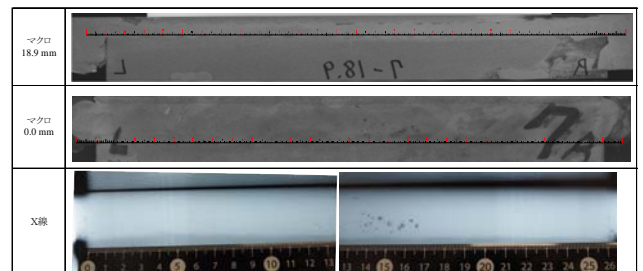


図 2.3 マクロ試験及びRTによる画像 (TP-7)

Study on the flaw detection accuracy of welding defects due to non-destructive testing using a phased array - Part.5 accuracy of flaw detection result by RT

*1 Hiroshige Takaaki *2 Nishizawa Hideki *3 Furuki Toyomitsu *4 Nakajima Yoji
*5 Sano Tadashi *6 Shima Tohru *7 Kasahara Motohiro *8 Katsumi Enomoto

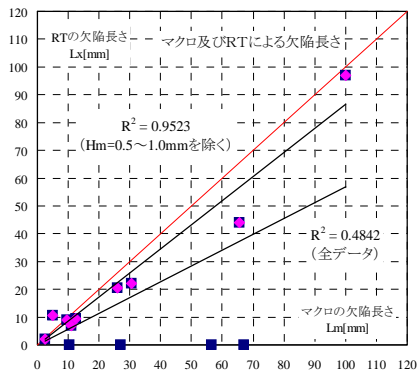


図 3.1 マクロ試験と RT における欠陥長さ

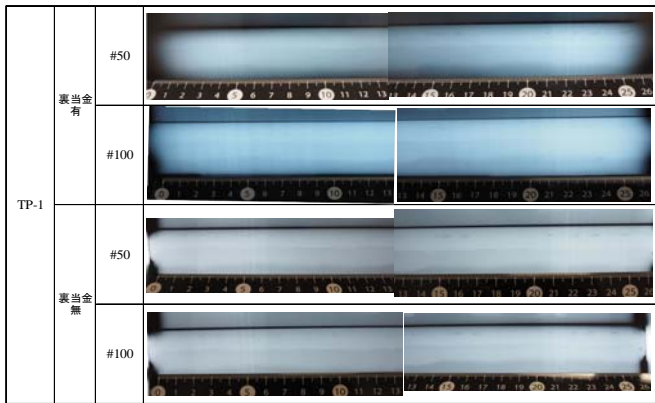


図 4.1 RT による画像 (TP-1) 真上照射

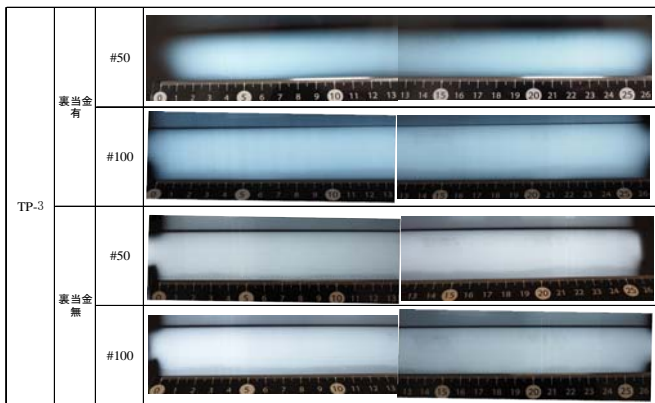


図 4.2 RT による画像 (TP-3) 真上照射

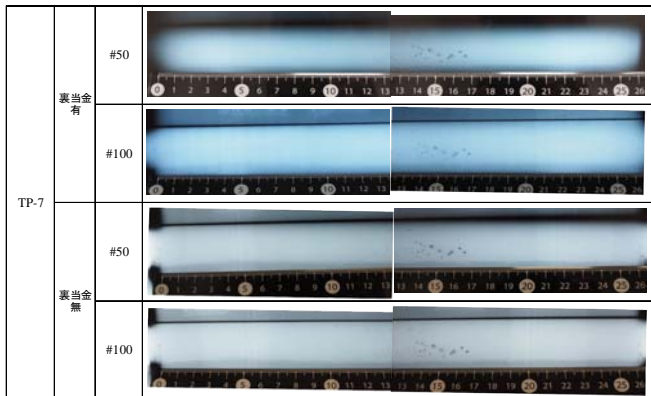


図 4.3 RT による画像 (TP-7) 真上照射

図 3.1 によるマクロ試験と RT における欠陥長さの相関は $R^2=0.4842$ で相関はあまり高くなかったが、溶込不良及び融合不良の欠陥高さが小さかったこと、欠陥の傾きによって RT では検出が困難であったことが原因であり、検出できなかった欠陥高さ $Hm=0.5\sim 1.0\text{mm}$ を除くと $R^2=0.9523$ となり、ほぼマクロ試験と同等な結果が得られた。

4. X線画像における鮮鋭度の検証

RT の鮮鋭度を確認するため、裏当金の有無 ($t=9\text{mm}, 1\text{mm}$)、フィルム感度 (#50, #100) の影響について、一般に行われている真上からの照射で比較した (図 4.1 ~ 図 4.3)。裏当金無し、フィルム感度が #50 の方が欠陥像の鮮鋭度が向上するが、TP-7 における欠陥 (BH) の鮮鋭度には影響が少ない。

RT の照射角度による欠陥の鮮鋭度を確認するため、開先角度 35 度方向に照射した結果を図 4.4 に示す。TP-3 における図 4.2 と図 4.4 を比較すると、35 度照射の方が鮮鋭度が向上していることがわかる。これは欠陥形状が照射方向によって欠陥の透過厚さが変化することが原因と考えられる。

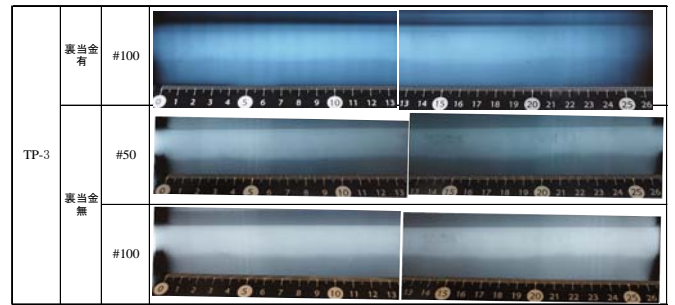


図 4.4 照射角度による影響 (TP-3) 35 度斜め照射

5. まとめ

マクロ試験と RT における欠陥長さの推定精度を比較した結果、全データによる欠陥長さについては相関があまり高くなかったものの、微小な欠陥高さのものを除けば RT における相関は非常に高い結果が得られた。なお、欠陥高さの大小、裏当金の削除の有無、フィルム感度及び照射方向により、透過写真の鮮鋭度が異なり、欠陥の検出、欠陥種別の判定及び欠陥長さの評価に差異が生じることがわかった。

一般的な X 線透過試験では、フィルム感度 #100、裏当金を削除せずに、真上からの照射による撮影方法が実施されているが、裏当金を 1mm まで削除し、フィルム感度を #50 にして撮影すれば、照射時間も同等のまま、鮮鋭度が向上した高品質な透過写真が得られる。

ブローホールなど、塊状欠陥を検出する場合には鮮鋭度はほとんど無関係であるが、溶込不良、融合不良及び割れなどの面状欠陥では、その鮮鋭度によって欠陥検出の有無はもとより、欠陥種別の誤判定や的確な欠陥の評価判定ができなくなる可能性が高いため、構造的に悪影響を及ぼす有害な溶接欠陥を適正に評価するためには、撮影方向及び撮影配置等を考慮し、裏当金を 1mm まで削除し、フィルム感度 #50 を用いて撮影する方が効果的であった。

*1 (株)竹中工務店 *2 アラップ *3 (株)鴻池組
*4 (株)大建設 *5 (株)大林組 *6 戸田建設(株)
*7 (有)アクトエーションハート *8 清水建設(株)

*1 Takenaka Corporation *2 ARUP *3 Konoike Construction Co.,Ltd
*4 DAIKEN SEKKELINC. *5 OBAYASHI CORPORATION *6 TODA Corporation
*7 Act-Creation-Heart Co.,Ltd *8 SHIMIZU Corporation